

Institut für Physikalische Chemie Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Lösungen zum 1. Übungsblatt zur Vorlesung Physikalische Chemie I SS 2013 Prof. Dr. Bartsch

1.1 L Wie groß ist die Molmasse von Diethylether ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$)?
Wie viel Gramm Wasserstoff sind in 50 g Diethylether enthalten?

Lösung:

Die Molmasse ergibt sich aus der Stöchiometrie der Verbindung und den Molmassen der Elemente:

$$M = \sum_i v_i M_i, \quad v_i = \text{stöchiometrischer Faktor}$$

M_i = Molmasse des Elements

Formel: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
Molmasse Diethylether: $M = 4 \cdot M(\text{C}) + 10 \cdot M(\text{H}) + 1 \cdot M(\text{O})$
 $M = 4 \cdot 12 \text{ g mol}^{-1} + 10 \cdot 1 \text{ g mol}^{-1} + 1 \cdot 16 \text{ g mol}^{-1}$
 $M = (48 + 10 + 16) \text{ g mol}^{-1} = 74 \text{ g mol}^{-1}$

Aus der Formel ergibt sich das Verhältnis der stöchiometrischen Faktoren und der Stoffmengen ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3 = 4 \text{ C} + 10 \text{ H} + 1 \text{ O}$):

$$\frac{v(\text{H})}{v(\text{Diethylether})} = \frac{n(\text{H})}{n(\text{Diethylether})} = \frac{10}{1}$$

Stoffmenge: $n = \frac{m}{M}$

Stoffmenge Diethylether: $n(\text{Diethylether}) = \frac{50 \text{ g}}{74 \text{ g mol}^{-1}} = 0,68 \text{ mol}$

Stoffmenge Wasserstoff: $n(\text{H}) = 10 \cdot n(\text{Diethylether}) = 10 \cdot 0,68 \text{ mol} = 6,8 \text{ mol}$

Masse Wasserstoff: $m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 6,8 \text{ mol} \cdot 1 \text{ g mol}^{-1} = 6,8 \text{ g}$

1.2 L Man hat eine äquimolare Mischung von Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) und Wasser.
Wie groß ist der Massenanteil von Ethanol?

Lösung:

Äquimolare Mischung: $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = 1, \quad n = \frac{m}{M}$

Masse Wasser: $m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})$

$$= 1 \text{ mol} \cdot 18 \text{ g mol}^{-1} = 18 \text{ g}$$

$$\text{Masse Ethanol: } m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$$

$$= 1 \text{ mol} \cdot 46 \text{ g mol}^{-1} = 46 \text{ g}$$

$$\text{Massenanteil Ethanol: } y(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{46 \text{ g}}{46 \text{ g} + 18 \text{ g}} = 0,72$$

1.3 L Wie viel feste KOH benötigen Sie, um 500 mL einer 0.05 M Lösung herzustellen?

Lösung:

$$\text{Formeln: } n = \frac{m}{M}, c = \frac{n}{V} \rightarrow m = c \cdot V \cdot M$$

$$\text{Masse KOH: } m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = c(\text{KOH}) \cdot V(\text{Lösung}) \cdot M(\text{KOH})$$

$$= 0.05 \text{ mol L}^{-1} \cdot 500 \text{ mL} \cdot 56 \text{ g mol}^{-1} \quad [\text{mol L}^{-1} \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10^{-3} \text{ g}]$$

$$= 0.05 \cdot 500 \cdot 56 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$= 1.4 \text{ g}$$

1.4 L Sie haben 1.5 g Fructose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) eingewogen. Welches Volumen an Wasser müssen Sie zufügen, um eine 10^{-6} M Lösung zu erhalten? Was ist bei dieser Berechnung vernachlässigt worden?

Lösung:

$$\text{Formeln: } c = \frac{n}{V}, n = \frac{m}{M} \rightarrow V = \frac{n}{c} = \frac{m}{Mc}$$

$$\text{Volumen Wasser: } V = \frac{n}{c} = \frac{m}{Mc}$$

$$= \frac{1,5 \text{ g}}{10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \cdot 180 \text{ g mol}^{-1}} \left[\frac{\text{g}}{\text{mol L}^{-1} \text{ g mol}^{-1}} = \text{L} \right]$$

$$= 8333.3 \text{ L}$$

Das Volumen der Fructose in der Lösung wurde vernachlässigt.

1.5 L Sie haben 0.5 L einer $5 \cdot 10^{-3}$ M NaCl-Lösung. Welches Volumen an Wasser muss zugefügt werden, um eine Konzentration von $2 \cdot 10^{-5}$ M zu erhalten?

Lösung:

$$\text{Konzentration: } c = \frac{n}{V}$$

$$\text{Stoffmengenbilanz: } n(\text{Anfang}) = n(\text{Ende}) \rightarrow V_{\text{ACA}} = V_{\text{ECE}}$$

$$\text{Endvolumen der Lösung: } V_{\text{E}} = \frac{V_{\text{A}} c_{\text{A}}}{c_{\text{E}}} = \frac{0,5 \text{ L} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}} = 125 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Zugefügtes Volumen: } V(\text{Zugabe}) &= V(\text{Ende}) - V(\text{Anfang}) \\ &= 125 \text{ L} - 0.5 \text{ L} = 124.5 \text{ L} \end{aligned}$$

1.6 L Sie mischen 5 L einer Fructoselösung (10^{-3} M Fructose in Wasser) mit 3 L einer zweiten Fructoselösung ($2 \cdot 10^{-4}$ M Fructose in Wasser). Endkonzentration?

Lösung:

$$\text{Konzentration: } c = \frac{n}{V}$$

Stoffmengenbilanz: $n(\text{Anfang}) = n(\text{Ende})$

Volumenbilanz: $V_E = V_A(1) + V_A(2)$

$$\rightarrow c_A(1) V_A(1) + c_A(2) V_A(2) = c_E V_E = c_E (V_A(1) + V_A(2))$$

$$\begin{aligned} \text{Endkonzentration: } c_E &= \frac{c_A(1) V_A(1) + c_A(2) V_A(2)}{V_A(1) + V_A(2)} = \frac{10^{-3} \text{ molL}^{-1} \cdot 5 \text{ L} + 2 \cdot 10^{-4} \text{ molL}^{-1} \cdot 3 \text{ L}}{5 \text{ L} + 3 \text{ L}} \\ &= \frac{(10^{-3} \cdot 5 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 3) \text{ molL}^{-1} \text{ L}}{(5 + 3) \text{ L}} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ molL}^{-1} \end{aligned}$$

1.7 L a) Wie groß ist die molare Konzentration von Zucker (Saccharose, $C_{12}H_{22}O_{11}$), wenn man ein Stück Würfelzucker (3 g) in eine Kaffeetasse (0.2 L) gibt? Wie groß ist die Zahl der Moleküle des Zuckers in der Tasse?

b) Wie groß ist die molare Konzentration des Zuckers, wenn man ein Stück Würfelzucker in den Starnberger See gibt und dann umrührt, bis alles gleichmäßig verteilt ist? Das Volumen des Starnberger See beträgt $3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

c) Wir entnehmen an einer beliebigen Stelle des Starnberger Sees eine Tasse (0.2 L) Seewasser. Wie viele Moleküle Zucker sind darin?

d) Berechnen Sie den mittleren Abstand der Zuckermoleküle in der Kaffeetasse (a) und im Starnberger See (c).

Lösung:

$$\text{a) Molmasse Saccharose: } M = \sum_i v_i M_i$$

Formel: $C_{12}H_{22}O_{11}$

$$M = 12 \cdot M(\text{C}) + 22 \cdot M(\text{H}) + 11 \cdot M(\text{O})$$

$$M = 12 \cdot 12 \text{ gmol}^{-1} + 22 \cdot 1 \text{ gmol}^{-1} + 11 \cdot 16 \text{ gmol}^{-1} = 342 \text{ gmol}^{-1}$$

$$\text{Stoffmenge: } n = \frac{m}{M} \rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{3 \text{ g}}{342 \text{ gmol}^{-1}} = 8,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Konzentration: } c = \frac{n}{V} \rightarrow c = \frac{n}{V} = \frac{8,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,044 \text{ molL}^{-1}$$

$$\text{Molekülanzahl: } n = \frac{N_i}{N_A} \rightarrow N_i = n \cdot N_A = 8,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 5,28 \cdot 10^{21}$$

$$N_A = \text{Avogadrozahl} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

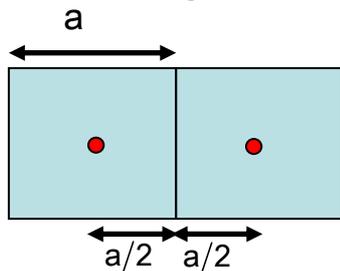
b) Konzentration im Starnberger See:

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow c = \frac{n}{V} = \frac{8,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{3 \cdot 10^9 \text{ m}^3} \frac{\text{m}^3}{10^3 \text{ L}} = 2,9 \cdot 10^{-15} \text{ molL}^{-1}$$

c) Formeln: $n = \frac{N_i}{N_A}$, $c = \frac{n}{V} \rightarrow N_i = n \cdot N_A = c \cdot V \cdot N_A$

Molekülanzahl: $N_i = c \cdot V \cdot N_A = 2,9 \cdot 10^{-15} \text{ molL}^{-1} \cdot 0,2 \text{ L} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,52 \cdot 10^8$

d) Wir nehmen der Einfachheit halber an, dass sich jedes Teilchen im Mittel in einem Würfel der Kantenlänge a befindet:



Volumen pro Teilchen $V(\text{IT}) = a^3 \Rightarrow a = V(\text{IT})^{1/3}$

Das Volumen pro Teilchen erhalten wir, indem wir das Gesamtvolumen durch die Teilchenzahl dividieren:

$$V = V(\text{IT}) \cdot N \Rightarrow V(\text{IT}) = \frac{V}{N} = \frac{1}{\rho_N} \quad (\rho_N = \text{Teilchendichte})$$

Damit resultiert für den mittleren Abstand:

$$a = V(\text{IT})^{1/3} = \left(\frac{V}{N} \right)^{1/3} = \rho_N^{-1/3}$$

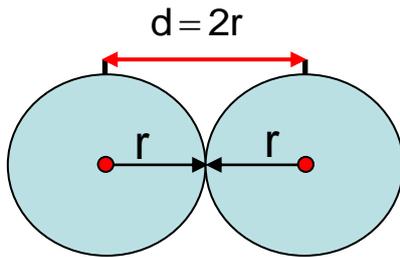
Für Fall a) ($V = V_{\text{Kaffeetasse}}$) erhalten wir

$$a = \left(\frac{0,2 \cancel{\text{L}}}{5,28 \cdot 10^{-21}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \cancel{\text{L}}} \right)^{1/3} = 3,35 \cdot 10^{-8} \cancel{\text{ dm}} \cdot \frac{0,1 \text{ m}}{\cancel{\text{ dm}}} = 3,35 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,35 \text{ nm}$$

Für den Fall b) ($V = V_{\text{Tasse Seewasser}}$) ergibt sich

$$a = \left(\frac{0,2 \cancel{\text{L}}}{3,52 \cdot 10^8} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \cancel{\text{L}}} \right)^{1/3} = 8,28 \cdot 10^{-4} \cancel{\text{ dm}} \cdot \frac{0,1 \text{ m}}{\cancel{\text{ dm}}} = 8,28 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 83 \mu\text{m}$$

Alternativ kann man auch ein kugelförmiges Volumen pro Teilchen annehmen:



$$V(1T) = \frac{4\pi}{3} r^3 \Rightarrow r = \left(\frac{3V(1T)}{4\pi} \right)^{1/3} = \left(\frac{a^3}{4.19} \right)^{1/3} = 0.62 a$$

Der Abstand ist dann $d = 1.24 a$. Berücksichtigt man, dass das Gesamtvolumen nur zu 74% durch aneinanderstoßende Kugeln erfüllt werden kann, dann muss man noch mit dem Korrekturfaktor $0.74^{1/3} = 0.904$ multiplizieren und erhält dann $d = 1.12 a$. Man kann daran ersehen, dass beide Methoden nur eine Abschätzung des mittleren Teilchenabstandes liefern. Ursache hierfür ist die Annahme einer regelmäßigen Anordnung der Teilchen, die für eine Flüssigkeit oder ein Gas nicht erfüllt ist.

1.8 L Wir verbrennen 1 kg Propan. Welche Masse an Sauerstoff ist dafür nötig?

Lösung:

Reaktionsgleichung: $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$

Molmasse Propan: $M(C_3H_8) = 44 \text{ g mol}^{-1}$

$$\text{Stoffmenge Propan: } n(C_3H_8) = \frac{m}{M} = \frac{1 \text{ kg}}{44 \text{ g mol}^{-1}} \frac{10^3 \text{ g}}{\text{kg}} = 22,7 \text{ mol}$$

$$d\xi = \frac{dn(O_2)}{v(O_2)} = \frac{dn(C_3H_8)}{v(C_3H_8)}$$

$$dn(O_2) = \frac{v(O_2)}{v(C_3H_8)} \cdot dn(C_3H_8) = \frac{-5}{-1} \cdot (22,7 \text{ mol}) = 113,6 \text{ mol}$$

$$\text{Masse } O_2: m = n \cdot M = 113,6 \text{ mol} \cdot 32 \text{ g mol}^{-1} = 3636 \text{ g}$$